

Date of application: 28.5.91

Date of publication: 3.12.92

Applicant: Doduco GmbH + Co. Dr. Eugen Dürrwächter, Pforzheim

Inventors: see German text

Application is made for inspection in accordance with §44 PatG

**Process for reducing the start-up delay of a catalyst and arrangement for implementing the process**

To improve the start-up behaviour of a catalyst (1) which intended to convert pollutants contained in the exhaust gas of an internal combustion engine, an ancillary catalyst (2) is provided close upstream of the (main) catalyst (1) but at a distance from it, the mass of which is very small in comparison with the mass of the main catalyst (1), and which is used mainly to convert carbon monoxide, so that the exhaust gas temperature increases and heats the main catalyst (1) more quickly.

**Specification**

The invention is concerned with a process for shortening the start-up delay of a catalyst located in the exhaust gas flow of an internal combustion engine and is based on an arrangement with the features quoted in the first part of Claim 7.

A catalyst through which the exhaust gas of an internal combustion engine flows is intended to oxidise hydrocarbons and carbon monoxide contained in the exhaust gas and to reduce  $\text{NO}_x$ . The legal regulations in force in Germany stipulate that in a test run of the engine extending over several minutes in which a particular driving distance is simulated at specific speeds, specific limits for the content of carbon monoxide, hydrocarbons and nitrogen oxides in the exhaust gas must not be exceeded. Because the test run is started with a cold engine, although catalysts only develop

their activity, increasingly at higher temperature and (then) convert the constituents to be converted of the exhaust gas, particular efforts are necessary to achieve the conversion rate required under the unfavourable conditions of the test run. Particular importance is therefore attached to the start-up behaviour of a catalyst with an eye to future tightening of the pollutant limits. It is possible to consider the use of larger catalysts and thus to increase the conversion rate in order to improve the start-up behaviour. This would however be disadvantageous in that the space requirement for the catalyst under the floor sheeting of the bodywork would increase, the costs of the catalyst would increase, and the catalyst would be heated more slowly by the exhaust gases because of its greater mass - counteracting an improvement in the start-up behaviour.

It would also be possible to consider installing the catalyst closer to the engine in the exhaust train, thus bringing about faster heating of the catalyst. However, this has the serious disadvantage that the temperature stress to which the catalyst is subjected when the engine is at operating temperature increases, so that the life of the catalyst is reduced. This in turn runs counter to demands for a guaranteed longer catalyst life.

There are also vehicles which in addition to a main catalyst arranged as usual in the rear section of the exhaust, also have a smaller upstream catalyst arranged in the exhaust manifold - and therefore very close to the engine - which because of its position heats up more quickly than the main catalyst, and therefore starts up earlier than the main catalyst in the warm-up phase of the engine. However, because this upstream catalyst has a substantially shorter life since it is installed close to the engine and due to the higher thermal stress that this causes, the use of such upstream catalysts has again been given up.

Another possibility of improving the start-up behaviour of a catalyst is to heat it electrically using the vehicle battery (DE-PS 39 20 159). The disadvantage here is that the battery is most heavily loaded when its output power is at its lowest, particularly in the cold season, and that by preheating the catalyst the vehicle can only be started with delay - which is undesirable.

This invention is based on the problem of improving start-up behaviour of a catalyst in the simplest possible manner without this being at the expense of the life of the catalyst and without it being necessary to heat the catalyst electrically for this.

The problem is solved by a process with the features quoted in Claim 1, as well as by an arrangement with the features quoted in Claim 7. Advantageous further developments (improvements) of the invention are subject matter of the dependent claims.

According to the invention, the exhaust gas temperature increases due to catalytically-promoted oxidation phenomena at a point close upstream of the (main) catalyst but at a distance from it, mainly by oxidation of carbon monoxide to carbon dioxide. For this purpose, an ancillary catalyst is arranged close upstream of the catalyst (here termed "main catalyst"), the mass of which is very small in comparison with the mass of the main catalyst. Because of its low mass, the ancillary catalyst is heated by the exhaust gases to its ignition temperature much more quickly than the main catalyst. When conversion of the carbon monoxide by the ancillary catalyst begins, the temperature of the exhaust gas flowing into the main catalyst strongly increases, so that the main catalyst attains its ignition temperature earlier than without such an ancillary catalyst. The exhaust gas temperature - and thus the temperature of the main catalyst itself - increases due to the catalytic conversion in the main catalyst, but very much more slowly than in the case of the ancillary catalyst because of the comparatively large mass of the main catalyst, and then only if significant conversion is taking place at the main catalyst itself.

The additional cost of the ancillary catalyst is very low, because its mass is very small compared with the mass of the main catalyst. The life of the main catalyst is not reduced by the provision of the ancillary catalyst, because the temperature stress does not increase under continuous operation. On the other hand, because the ancillary catalyst is arranged close upstream of the main catalyst and therefore not substantially closer to the engine than the main catalyst, its temperature stress is no greater than that of the main catalyst, so that a life for the ancillary catalyst can be expected which is no greater than that of the main catalyst. Because the ancillary catalyst is located at a very short distance from the main catalyst, there is the further advantage that the heat of reaction generated by catalysis is transported directly into the main catalyst by the exhaust gas flow - without significant heat losses at pipes, flange, cones, housing and other components of the exhaust gas system.

The process according to the invention is limited mainly to the conversion of carbon monoxide by the ancillary catalyst. The catalytic oxidation of the carbon monoxide takes place very quickly, so that a long passage of the

exhaust gas through the catalyst is not needed for extensive conversion of the carbon monoxide. It is possible instead to imagine a very thin catalyst, the mass of which can therefore be very low compared with that of the main catalyst. The ancillary catalyst is preferably shorter than 1 to 5 mm. Such a shorter catalyst produces no significant back pressure in the exhaust gas flow and therefore causes no power loss of the engine. The catalyst can be kept sufficiently short for the back pressure in the exhaust gas flow linked to it to remain smaller than 1%.

Because, according to the invention, it depends mainly on converting carbon monoxide by the ancillary catalyst, a mixture of platinum and rhodium is required as catalytically active metal in the weight ratio 5:1, which is customary in the main catalyst in order to achieve maximum conversion for an exhaust gas with the composition  $\Lambda = 1$  ( $\Lambda = 1$  means an exhaust gas from the combustion of a fuel-air mixture which contains fuel and oxygen in stoichiometric ratio) for all three pollutant components in the exhaust gas (carbon monoxide, hydrocarbons and nitrogen oxides). Instead, it is possible to manage with a single catalytically active metal for the ancillary catalyst, preferably platinum, which is outstandingly suitable for the oxidation of carbon monoxide. The platinum/rhodium combination would also be very well suited, but is more expensive than platinum. The use of palladium as catalytically active metal for the ancillary catalyst is also possible: certainly palladium is less active than platinum, although it is less expensive than platinum for this.

The customary control of the exhaust gas composition by means of a measurement sensor arranged in the exhaust gas flow ( $\Lambda$  sensor) is not impaired by the use of the ancillary catalyst according to the invention, and can be performed unchanged - which is an advantage of the invention.

To attain the effect of the ancillary catalyst according to the invention, it is important that it only has a very low thermal capacity and therefore (unlike the main catalyst) can be quickly heated by the exhaust gas. So that this effect is not ruined, any diversion of heat from the ancillary catalyst to the main catalyst should be obstructed as effectively as possible. A spacing is therefore provided between the main catalyst and the ancillary catalyst. The ancillary catalyst must however be fastened in some manner in the exhaust gas system, at the housing of the main catalyst or at its inlet connection pieces, or at the main catalyst itself. The mechanical connection therefore necessary is preferably implemented only at points, in order to obstruct the heat transfer.

It is incidentally sufficient if the distance of the ancillary catalyst from the main catalyst is only a few millimetres, preferably between 2 mm and 20 mm: a domed, particularly a hollow-cone shaped design is favoured for reasons of stability.

Because it is sufficient according to the invention principally to oxidise carbon monoxide by the ancillary catalyst, and carbon monoxide can be very rapidly converted catalytically, the ancillary catalyst need only be very short, but also have a large, free flow cross-section which preferably is between 50% and 95%. The back pressure brought about by the ancillary catalyst is therefore so low that it is practically not measurable. The ancillary catalyst therefore causes no power loss of the internal combustion engine: instead, because it increases the activity of the main catalyst in the decisive warm-up phase of the engine in accordance with legal provisions, there is also the possibility of making the main catalyst smaller and thus reducing the power loss of the internal combustion engine caused by the main catalyst.

A metallic gauze, screen or sheet, which has been broken through in the style of an expanded metal, in each case expanded transversely to the exhaust gas flow, is particularly suitable for the ancillary catalyst. The support body can be corrugated to achieve the necessary stability. In the intermediate space between an ancillary catalyst so constructed and the main catalyst, a certain turbulence of the exhaust gas flow takes place, which is desirable because it favours the transfer of the heat of oxidation on the main catalyst.

Instead of a screen gauze or sheet, a disc-shaped ancillary catalyst can also be used which is however suitably stretched over a length of not more than 10 mm.

The cross-section of the main catalyst is normally a multiple of the cross-section of the exhaust pipe, which is why the main catalyst is located in a particular housing, this housing being inserted with the inlet opening and outlet opening between two sections of the exhaust pipe. So that the exhaust gas is readily distributed over the entire cross-section of the main catalyst, its housing between its inlet opening and the main catalyst has a widening section (cone): the ancillary catalyst is preferably accommodated in this widening section of housing, so that no additional space is needed for it.

An embodiment of the invention is demonstrated schematically in the appended drawing, which shows a longitudinal section through an arrangement of a main catalyst 1 and an ancillary catalyst 2 in a common housing 3, which has a cylindrical section in which the main catalyst 1 is arranged. The connection to an exhaust pipe 4 is performed by a conical housing section 5 with inlet openings 6 on the inlet side, and a conical housing section 7 with outlet opening 8 on the outlet side. In the housing section 5, the ancillary catalyst 2, which has a metallic gauze as support body, is located close upstream of the main catalyst 1. This gauze has a hollow-cone shape to attain higher mechanical stability, the tip of the cone acting in the opposite direction to the exhaust gas flow (arrow 9). The ancillary catalyst 2 is only connected at points to the main catalyst 1, so that the direct heat transfer from the ancillary to the main catalyst is only very small.

The main catalyst 1 can be a commercial catalyst, for example with a diameter of 10 cm, a length of 15 cm, a volume of 1.3 dm<sup>3</sup> and a cross-sectional area of 78.5 cm<sup>2</sup>.

The ancillary catalyst 1 (sic) has a corresponding diameter, a volume of only 0.002 to 0.003 dm<sup>3</sup> and an area of 100 to 150 cm<sup>2</sup>. Its weight is therefore negligibly small compared with the weight of the main catalyst 1.

Metallic materials which are adequately resistant at the high operating temperatures which can exceed 1000°C are suitably used for the support bodies of the ancillary catalysts. Heating conductor materials based on nickel and chrome, for example Material Number 1.4868 to DIN are suitable. An aluminium oxide layer is applied to the metallic support body in a known manner, preferably with a weight per unit area of 1 to 5 mg/cm<sup>2</sup>, and the catalytically active precious metal is then anchored on this aluminium oxide layer, suitably with a weight per unit area of 5 to 500 µg/cm<sup>2</sup>. Reference is generally made to DE-OS 34 36 400 and DE-OS 37 35 033 for state-of-the-art.

If a gauze or screen is chosen as support body for the ancillary catalyst, the wire thickness is chosen primarily according to the desired stability. The wire thickness suitably lies between 0.05 and 2 nm, the hole diameter between 0.1 and 5 nm, and the free opening of the ancillary catalyst produced from this between 50% and 95%.

The start-up behaviour of a commercial main catalyst (as quoted above), with an ancillary catalyst according to the invention arranged upstream, was tested in the laboratory trial on an engine test stand and compared with the start-up behaviour of the same main catalyst but without using the ancillary catalyst according to the invention. The main catalyst contained 1.5 g/l(catalyst volume) of the combination platinum/rhodium in the weight ratio 5:1 as catalytically active metals.

In the laboratory trial, the main catalyst was operated with an exhaust gas of the composition with  $\Lambda = 1$  and a CO content of 1 vol %, the exhaust gas throughput being 50,000 l/l of catalyst volume per hour. A gauze of 30 mm diameter coated with 60 g platinum/cm<sup>2</sup> and a free opening of 55% was used as ancillary catalyst.

Quoted in Table I below are the temperatures which the main catalyst must attain starting from the cold condition (20°C), so that the 50% (T50) and 90% (T90) conversion is achieved in the cumulative exhaust gas volume for the individual pollutants.

It can be seen that the 50% and 90% conversions are achieved significantly earlier with the help of the ancillary catalyst according to the invention than without the ancillary catalyst.

#### 2nd Example

The same commercial catalyst as in the first example was tested on an engine test stand to a test sequence according to the legal test provisions (cite source reference), once without an ancillary catalyst and once with an ancillary catalyst in the form of a gauze with a diameter of 100 mm and with a platinum coating of 60 µg/cm<sup>2</sup> and with a free opening of 55%.

What proportion of the pollutants in the exhaust gas of the entire test sequence had been converted was checked in both cases. The results are shown in Table II below. It can be seen that the conversion increases perceptibly because of the ancillary catalyst.

Table. 1

| Pollutant                 | T 50 (°C)  |                               |                 | T 90 (°C) |     |                               |     |
|---------------------------|------------|-------------------------------|-----------------|-----------|-----|-------------------------------|-----|
|                           | Conversion | 50%                           |                 | 90%       |     | NO <sub>x</sub>               |     |
| Main catalyst alone       | Co         | H <sub>2</sub> C <sub>6</sub> | NO <sub>x</sub> |           | Co  | H <sub>2</sub> C <sub>6</sub> |     |
| Ancillary + main catalyst | 222        | 262                           | 214             |           | 242 | 392                           | 226 |
|                           | 186        | 222                           | 174             |           | 214 | 308                           | 204 |

Table. 11

Conversion (%)

| Main catalyst alone       | Pollutant |                               |                 |
|---------------------------|-----------|-------------------------------|-----------------|
|                           | Co        | H <sub>2</sub> C <sub>6</sub> | NO <sub>x</sub> |
| Main catalyst alone       | 74        | 82                            | 62              |
| Ancillary + main catalyst | 81        | 90                            | 70              |

## Patent claims

1. Process for shortening the start-up delay of a catalyst located in the exhaust gas flow of an internal combustion engine, characterised in that at a point close upstream of, but still at a distance from, the main catalyst, mainly carbon monoxide (CO) is oxidised catalytically and the heat of combustion arising from this is transported by the exhaust gas flow into the catalyst.
2. Process according to Claim 1 characterised in that the oxidation of the CO is performed in a very short section of the exhaust gas flow compared with the length of the main catalyst.
3. Process according to Claim 2, characterised in that each section is shorter than 10 mm.
4. Process according to one of the previous claims, characterised in that the back pressure in the exhaust gas flow associated with the catalytic oxidation of the CO upstream of the main catalyst is kept at less than 10%, preferably less than 2%.

5. Process according to one of the previous claims, characterised in that at that point closely upstream of the main catalyst, at least 50 - 60% of the CO but not more than 30 - 40% of the nitrogen oxides ( $\text{NO}_x$ ) and hydrocarbons ( $\text{H}_x\text{C}_y$ ) in the exhaust gas flow have already been converted.
6. Process according to one of the previous claims, characterised in that platinum is used exclusively as catalytically active metal for the catalytic conversion at that point upstream of the main catalyst.
7. Arrangement for catalytic conversion of exhaust gases from internal combustion engines with a main catalyst (1) which is accommodated in a housing (3), which is inserted with the inlet opening (6) and the outlet opening (8) into an exhaust pipe (4), the internal cross-section of which is smaller than that of the housing (3) and with an ancillary catalyst (2) located in the exhaust gas flow with a distance upstream of the main catalyst (7) (sic), the mass of which (ancillary catalyst) is lower than that of the main catalyst (1), characterised in that the ancillary catalyst (2) is arranged immediately upstream of or in the housing (3) of the main catalyst (1), and its mass is very small compared with the mass of the main catalyst (1).
8. Arrangement according to Claim 7, characterised in that the mass of the ancillary catalyst (2) is 5% of the mass of the main catalyst (1) maximum.
9. Arrangement according to Claim 7 or 8, characterised in that the mass of the ancillary catalyst (2) is 75 g maximum, preferably not greater than 50 g.
10. Arrangement according to one of Claims 7 to 9, characterised in that the ancillary catalyst (2) is only connected at points with the main catalyst (1) and/or its housing (3).
11. Arrangement according to one of Claims 7 to 10, characterised in that the distance of the ancillary catalyst (2) from the main catalyst (1) is between 2 mm and 20 mm.
12. Arrangement according to one of Claims 7 to 11, characterised in that the free opening of the ancillary catalyst (2) is between 50% and 95%.

13. Arrangement according to one of Claims 7 to 12, characterised in that the ancillary catalyst (2) has a gauze, screen or broken-through sheet in the style of an expanded metal which is stretched transversely to the exhaust gas flow as support body.
14. Arrangement according to Claim 13, characterised in that the support body is corrugated.
15. Arrangement according to one of Claims 7 to 14, characterised in that the ancillary catalyst (2) is disc shaped.
16. Arrangement according to one of Claims 7 to 14, characterised in that the ancillary catalyst (2) aligns complex surfaces against the exhaust gas flow and the concave surface is turned towards the main catalyst (1). (there is some uncertainty regarding the precise intention of this claim - translator).
17. Arrangement according to Claim 16, characterised in that the ancillary catalyst (2) has the shape of a hollow sphere section or a hollow cone.
18. Arrangement according to one of Claims 7 to 17, characterised in that the ancillary catalyst (2) extends over a length of maximum 10 mm but preferably over not more than 5 mm, in the direction in which the exhaust gas flows through it.
19. Arrangement according to Claims 7 to 18, characterised in that the housing (3) of the main catalyst (1) between its inlet opening (6) and the main catalyst (1) has an expanding section (5) and that the ancillary catalyst (2) is located in this housing section.
20. Arrangement according to Claim 19, characterised in that the ancillary catalyst (2) has a cross-section correspondingly extending in the direction of the exhaust gas flow.
21. Arrangement according to one of Claims 7 to 20, characterised in that the ancillary catalyst (2) contains only platinum as the catalytically active metal.

One page of drawings follows



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 17 364 A 1**

51 Int. Cl. 5:  
**F01N 3/18**  
B 01 D 53/36  
B 01 J 23/42  
B 01 J 23/46  
// B01J 35/04

**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

(21) Aktenzeichen: P 41 17 364.3  
(22) Anmeldetag: 28. 5. 91  
(43) Offenlegungstag: 3. 12. 92

DE 4117364 A1

**71) Anmelder:**  
Doduco GmbH + Co Dr. Eugen Dürrwächter, 7530  
Pforzheim, DE

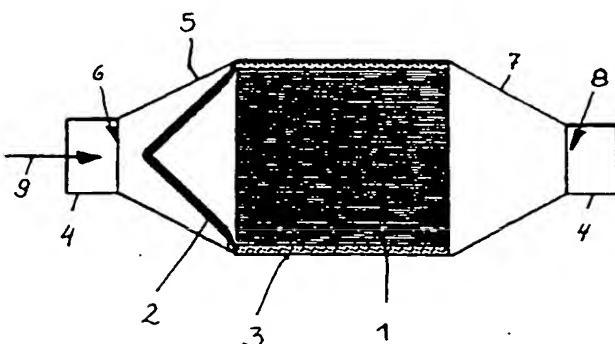
**74) Vertreter:**  
Hubbuch, H., Dipl.-Ing.; Twelmeier, U., Dipl.-Phys.,  
Pat.-Anwälte, 7530 Pforzheim

72 Erfinder:  
Berndt, Malte, Dipl.-Chem. Dr.; Meister, Martin,  
Dipl.-Ing.; Ksinsik, Dieter, Dipl.-Chem. Dr., 6920  
Sinsheim, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

#### 54 Verfahren zum Verkürzen der Anspringverzögerung eines Katalysators und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

57) Zur Verbesserung des Anspringverhaltens eines Katalysators (1), der im Abgas eines Verbrennungsmotors enthaltene Schadstoffe umsetzen soll, wird dicht vor dem Katalysator (1), aber in einem Abstand von ihm, ein Hilfskatalysator (2) vorgesehen, dessen Masse verglichen mit der Masse des Hauptkatalysators (1) sehr klein ist und dazu dient, hauptsächlich Kohlenmonoxid umzusetzen, dadurch die Abgasstemperatur steigert und den Hauptkatalysator (1) rascher erwärmt.



## Beschreibung

Die Erfindung befaßt sich mit einem Verfahren zum Verkürzen der Anspringverzögerung eines im Abgassstrom eines Verbrennungsmotors liegenden Katalysators und geht dazu aus von einer Vorrichtung mit den im 5 Oberbegriff des Anspruchs 7 angegebenen Merkmalen.

Ein Katalysator, der vom Abgas eines Verbrennungsmotors durchströmt wird, soll im Abgas enthaltene Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid oxidieren und Stickoxide reduzieren. Die in Deutschland geltenden gesetzlichen Vorschriften bestimmen, daß in einem sich über einige Minuten erstreckenden Testlauf des Motors, in welchem eine bestimmte Fahrstrecke mit bestimmten Geschwindigkeiten simuliert wird, bestimmte Grenzwerte für den Gehalt von Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden im Abgas nicht überschritten 10 werden dürfen. Da der Testlauf mit kaltem Motor begonnen wird, Katalysatoren jedoch erst bei höherer Temperatur zunehmend ihre Wirksamkeit entfalten und die umzusetzenden Bestandteile des Abgases umsetzen, sind besondere Anstrengungen erforderlich, um unter den ungünstigen Bedingungen des Testlaufes die geforderte Umsetzungsrate zu erreichen. Im Hinblick auf eine künftige Verschärfung der Schadstoffgrenzwerte im 15 Abgas kommt deshalb dem Anspringverhalten eines Katalysators besondere Bedeutung zu. Um das Anspringverhalten zu verbessern, kann man daran denken, größere Katalysatoren einzusetzen und dadurch die Umsetzungsrate zu erhöhen. Dabei ist jedoch nachteilig, daß der Platzbedarf für den Katalysator unter dem Bodenblech der Karosserie steigt, daß die Kosten für den Katalysator steigen und daß er wegen seiner größeren Masse durch die Abgase langsamer erwärmt wird, was einer Verbesserung des Anspringverhaltens entgegenwirkt.

20 Man könnte auch daran denken, den Katalysator näher beim Motor in den Abgasstrang einzubauen und dadurch zu einer rascheren Erwärmung des Katalysators zu kommen. Das hat jedoch den gravierenden Nachteil, daß die Temperaturbelastung ansteigt, welcher der Katalysator bei betriebswarmem Motor unterliegt, so daß die Lebensdauer des Katalysators verringert wird; das wiederum läuft Forderungen nach einer garantierten längeren Lebensdauer der Katalysatoren zuwider.

25 Es gibt auch Fahrzeuge, die zusätzlich zu einem wie üblich im hinteren Abschnitt des Auspuffs angeordneten Hauptkatalysator einen im Auspuffkrümmer, also sehr nahe am Motor angeordneten kleineren Vorschaltkatalysator haben, der durch seinen motornahen Einbau rascher erwärmt wird als der Hauptkatalysator und deshalb in der Warmlaufphase des Motors früher anspringt als der Hauptkatalysator. Da dieser Vorschaltkatalysator jedoch wegen des motornahen Einbaus und der dadurch hervorgerufenen höheren thermischen Belastung eine 30 wesentlich geringere Lebensdauer hat als der Hauptkatalysator, ist man wieder davon abgekommen, solche Vorschaltkatalysatoren zu benutzen.

35 Eine andere Möglichkeit, das Anspringverhalten eines Katalysators zu verbessern, besteht darin, ihn mit Hilfe der Fahrzeugbatterie elektrisch zu beheizen (DE-PS 39 20 159). Nachteilig dabei ist jedoch, daß dadurch die Batterie insbesondere in der kalten Jahreszeit, wenn ihre Leistung am geringsten ist, am stärksten belastet wird und daß durch das Vorheizen des Katalysators das Fahrzeug nur mit Verzögerung gestartet werden kann, was unerwünscht ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Anspringverhalten eines Katalysators auf möglichst einfache Art und Weise zu verbessern, ohne daß das zu Lasten der Lebensdauer des Katalysators geht und ohne daß dazu eine elektrische Beheizung des Katalysators notwendig wäre.

40 Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen sowie durch eine Vorrichtung mit den im Anspruch 7 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Erfindungsgemäß wird an einer Stelle dicht vor dem Katalysator, aber in einem Abstand vom Katalysator, die 45 Abgastemperatur durch katalysierte Oxidationsvorgänge erhöht, und zwar hauptsächlich durch Oxidation von Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid. Zu diesem Zweck wird dicht vor dem Katalysator, der hier als Hauptkatalysator bezeichnet wird, ein Hilfskatalysator angeordnet, dessen Masse sehr klein gegen die Masse des Hauptkatalysators ist. Wegen seiner geringen Masse wird der Hilfskatalysator durch die Abgase viel schneller als der Hauptkatalysator auf seine Zündtemperatur erwärmt. Mit der beginnenden Umsetzung des Kohlenmonoxids durch den Hilfskatalysator steigt die Temperatur des in den Hauptkatalysator strömenden Abgases kräftig an, so 50 daß der Hauptkatalysator seine Zündtemperatur früher erreicht als ohne einen solchen Hilfskatalysator. Zwar wird durch die katalytische Umsetzung im Hauptkatalysator die Abgastemperatur und damit die Temperatur des Hauptkatalysator selbst gesteigert, jedoch wegen der vergleichsweise großen Masse des Hauptkatalysators sehr viel langsamer als beim Hilfskatalysator und erst dann, wenn am Hauptkatalysator selbst eine nennenswerte 55 Umsetzung stattfindet.

Der zusätzliche Aufwand für den Hilfskatalysator ist gering, da dessen Masse sehr klein gegen die Masse des Hauptkatalysators ist. Die Lebensdauer des Hauptkatalysators wird durch das Vorsehen des Hilfskatalysators nicht verringert, da die Temperaturbelastung im Dauerbetrieb nicht steigt. Da andererseits der Hilfskatalysator dicht vor dem Hauptkatalysator angeordnet ist, also nicht wesentlich näher beim Motor liegt als dieser, ist seine 60 Temperaturbelastung nicht größer als die des Hauptkatalysators, so daß für den Hilfskatalysator mit einer Lebensdauer gerechnet werden kann, die nicht größer ist als die des Hauptkatalysators. Da der Hilfskatalysator in geringem Abstand vor dem Hauptkatalysator liegt, hat man den weiteren Vorteil, daß die dort durch Katalyse erzeugte Reaktionswärme vom Abgasstrom direkt in den Hauptkatalysator transportiert wird, ohne nennenswerte Wärmeverluste an Rohre, Flansche, Konusse, Gehäuse und andere Bestandteile des Auspuffaggregates.

65 Das erfundungsgemäße Verfahren beschränkt sich darauf, durch den Hilfskatalysator hauptsächlich Kohlenmonoxid umzusetzen. Die katalytische Oxidation des Kohlenmonoxids erfolgt sehr rasch, so daß für eine weitgehende Umsetzung des Kohlenmonoxids kein langer Weg des Abgases durch den Katalysator benötigt wird. Man kommt vielmehr mit einem sehr dünnen Katalysator aus, dessen Masse deshalb sehr klein gegen die Masse des Hauptkatalysators sein kann. Vorzugsweise ist der Hilfskatalysator kürzer als 1 – 5 Millimeter. Ein so

kurzer Katalysator erzeugt keinen nennenswerten Druckverlust im Abgasstrom und bewirkt deshalb keinen Leistungsverlust des Motors. Der Katalysator kann so kurz gehalten werden, daß der mit ihm verknüpfte Druckverlust im Abgasstrom kleiner als 1% bleibt.

Da es erfundungsgemäß darauf ankommt, durch den Hilfskatalysator hauptsächlich Kohlenmonoxid umzusetzen, benötigt man als katalytisch wirksames Metall nicht eine Mischung aus Platin und Rhodium im Gewichtsverhältnis 5 : 1, welche im Hauptkatalysator üblich ist, um für ein Abgas mit der Zusammensetzung  $\lambda = 1$  für alle drei Schadstoffkomponenten im Abgas (Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide) eine maximale Umsetzung zu erreichen ( $\lambda = 1$  kennzeichnet ein Abgas aus der Verbrennung eines Brennstoff-Luftgemisches, welches Brennstoff und Sauerstoff in stöchiometrischem Verhältnis enthält). Vielmehr kommt man für den Hilfskatalysator mit einem einzigen katalytisch wirksamen Metall aus, vorzugsweise Platin, welches sich zur Oxidation von Kohlenmonoxid hervorragend eignet. Die Kombination Platin/Rhodium wäre zwar ebenfalls sehr gut geeignet, ist aber teurer als Platin. Die Verwendung von Palladium als katalytisch wirksames Metall des Hilfskatalysators ist ebenfalls möglich, doch ist Palladium weniger wirksam als Platin, ist dafür aber billiger als Platin.

Die übliche Regelung der Abgaszusammensetzung mittels eines im Abgasstrom angeordneten Meßfühlers ( $\lambda$ -Sonde) wird durch die Verwendung des erfundungsgemäßen Hilfskatalysators nicht beeinträchtigt und kann unverändert erfolgen, was ein Vorteil der Erfindung ist.

Für die Erzielung der erfundungsgemäßen Wirkung des Hilfskatalysators ist es wichtig, daß dieser nur eine geringe Wärmekapazität hat und deshalb — anders als der Hauptkatalysator — durch das Abgas rasch aufgeheizt werden kann. Damit dieser Effekt nicht zunichte gemacht wird, sollte eine Wärmeableitung vom Hilfskatalysator auf den Hauptkatalysator so gut wie möglich behindert werden. Deswegen ist zwischen dem Hauptkatalysator und dem Hilfskatalysator ein Abstand vorgesehen. Der Hilfskatalysator muß jedoch auf irgend eine Weise im Auspuffaggregat, am Gehäuse des Hauptkatalysators oder an dessen Einlaßstutzen oder am Hauptkatalysator selbst befestigt werden. Die dadurch erforderliche mechanische Verbindung erfolgt vorzugsweise nur punktweise, um den Wärmeübergang zu behindern.

Im übrigen genügt es, wenn der Abstand des Hilfskatalysators vom Hauptkatalysator nur einige Millimeter beträgt, vorzugsweise zwischen 2 Millimeter und 20 Millimeter; wegen der Stabilität ist ein balliger, insbesondere ein hohlkegelförmiger Aufbau begünstigt.

Da es erfundungsgemäß genügt, durch den Hilfskatalysator hauptsächlich Kohlenmonoxid zu oxidieren und Kohlenmonoxid sich sehr rasch katalytisch umsetzen läßt, kann der Hilfskatalysator nicht nur sehr kurz sein, sondern auch einen großen freien Strömungsquerschnitt haben, der vorzugsweise zwischen 50% und 95% liegt. Deshalb ist der Druckabfall, der durch den Hilfskatalysator bewirkt wird, so gering, daß er praktisch nicht meßbar ist. Der Hilfskatalysator verursacht deshalb keinen Leistungsverlust des Verbrennungsmotors, im Gegenteil: Da er die Wirksamkeit des Hauptkatalysators in der gemäß den gesetzlichen Bestimmungen entscheidenden Warmlaufphase des Motors erhöht, besteht sogar die Möglichkeit, den Hauptkatalysator und dadurch den durch ihn verursachten Leistungsverlust des Verbrennungsmotors zu verkleinern.

Als Trägerkörper für den Hilfskatalysator eignet sich besonders ein metallisches Netz, Sieb oder ein Blech, welches nach Art eines Streckmetalls durchbrochen ist, jeweils in Erstreckung quer zum Abgasstrom. Zur Erzielung der nötigen Stabilität kann der Trägerkörper gewellt sein. Im Zwischenraum zwischen einem so ausgebildeten Hilfskatalysator und dem Hauptkatalysator findet eine gewisse Verwirbelung des Abgasstroms statt, welche erwünscht ist, da sie die Übertragung der Oxidationswärme auf dem Hauptkatalysator begünstigt.

Anstelle eines Siebes, Netzes oder Bleches kann auch ein scheibenförmiger Hilfskatalysator verwendet werden, der sich jedoch zweckmäßigerweise über eine Länge von nicht mehr als 10 Millimeter erstreckt.

Der Querschnitt des Hauptkatalysators beträgt üblicherweise ein Mehrfaches des Querschnittes des Auspuffrohres, weshalb sich der Hauptkatalysator in einem besonderen Gehäuse befindet, welches mit Einlaßöffnung und Auslaßöffnung zwischen zwei Abschnitte des Auspuffrohres eingefügt wird. Damit sich das Abgas bereitwillig über den gesamten Querschnitt des Hauptkatalysators verteilt, hat dessen Gehäuse zwischen seiner Einlaßöffnung und dem Hauptkatalysator einen sich erweiternden Abschnitt (Konus); in diesem sich erweiternden Gehäuseabschnitt wird vorzugsweise der Hilfskatalysator untergebracht, so daß für ihn kein zusätzlicher Platzbedarf besteht.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der beigefügten Zeichnung schematisch dargestellt, welche einen Längsschnitt durch eine Anordnung aus einem Hauptkatalysator 1 und einem Hilfskatalysator 2 in einem gemeinsamen Gehäuse 3 zeigt, welches einen zylindrischen Abschnitt hat, in welchem der Hauptkatalysator 1 angeordnet ist. Der Anschluß an ein Auspuffrohr 4 erfolgt durch einen konischen Gehäuseabschnitt 5 mit Einlaßöffnung 6 auf der Einlaßseite und einen konischen Gehäuseabschnitt 7 mit Auslaßöffnung 8 auf der Auslaßseite. Im Gehäuseabschnitt 5 befindet sich dicht vor dem Hauptkatalysator 1 der Hilfskatalysator 2, welcher als Trägerkörper ein metallisches Netz hat, welches zur Erzielung von hoher mechanischer Stabilität eine hohlkegelförmige Gestalt hat, wobei die Kegelspitze dem Abgasstrom (Pfeil 9) entgegengerichtet ist. Der Hilfskatalysator 2 ist nur punktuell mit dem Hauptkatalysator 1 verbunden, so daß der direkte Wärmeübergang vom Hilfs- zum Hauptkatalysator nur gering ist.

Der Hauptkatalysator 1 kann ein handelsüblicher Katalysator sein, z. B. mit einem Durchmesser von 10 cm, einer Länge von 15 cm, einem Volumen von 1,3 dm<sup>3</sup> und einer Querschnittsfläche von 78,5 cm<sup>2</sup>.

Der Hilfskatalysator 1 hat einen entsprechenden Durchmesser, ein Volumen von nur 0,002 bis 0,003 dm<sup>3</sup> und eine Fläche von 100 bis 150 cm<sup>2</sup>. Desgemäß ist sein Gewicht verglichen mit dem Gewicht des Hauptkatalysators 1 vernachlässigbar klein.

Für die Trägerkörper der Hilfskatalysatoren verwendet man zweckmäßigerweise metallische Werkstoffe, die bei den hohen Betriebstemperaturen, die 1000°C übersteigen können, hinreichend beständig sind. Geeignet sind Heizleiterwerkstoffe auf der Basis von Nickel und Chrom, z. B. der Werkstoff Nr. 1.4868 nach DIN ... Auf den

metallischen Trägerkörper wird in an sich bekannter Weise eine Aluminiumoxidschicht aufgetragen, vorzugsweise mit einer Flächenbelegung von 1 bis 5 mg/cm<sup>2</sup> und auf dieser Aluminiumoxidschicht wird dann das katalytisch wirksame Edelmetall verankert, zweckmäßigerweise mit einer Flächenbelegung von 5 bis 500 µg/cm<sup>2</sup>. Zum Stand der Technik wird insoweit auf die DE-OS 34 36 400 und auf die DE-OS 37 35 033 verwiesen.

Soweit für den Hilfskatalysator ein Netz oder Sieb als Trägerkörper gewählt wird, wählt man die Drahtdicke in erster Linie in Abhängigkeit von der gewünschten Stabilität. Die Drahtdicke liegt zweckmäßigerweise zwischen 0,05 und 2 mm, der Lochdurchmesser zwischen 0,1 und 5 mm und die sich daraus ergebende freie Öffnung des Hilfskatalysators zwischen 50% und 95%.

Das Anspringverhalten eines handelsüblichen Hauptkatalysators (wie vorne angegeben) mit einem davor angeordneten erfundungsgemäßen Hilfskatalysator wurde im Laborversuch und auf einem Motorprüfstand untersucht und mit dem Anspringverhalten desselben Hauptkatalysators, jedoch ohne Verwendung des erfundungsgemäßen Hilfskatalysators verglichen. Der Hauptkatalysator enthielt als katalytisch wirksame Metalle 1,5 g/(I Katalysatorvolumen) der Kombination Platin/Rhodium im Gewichtsverhältnis 5 : 1.

Im Laborversuch wurde der Hauptkatalysator mit einem Abgas der Zusammensetzung  $\lambda = 1$  und einem CO-Gehalt von 1 Vol.-% betrieben, wobei der Abgasdurchsatz 50 000 l/(I Katalysatorvolumen und pro Stunde) betrug.

Als Hilfskatalysator wurde ein mit 60 g Platin/cm<sup>2</sup> beschichtetes Netz von 30 mm Durchmesser und einer freien Öffnung von 55% verwendet.

In der nachstehenden Tabelle I sind die Temperaturen angegeben, die der Hauptkatalysator ausgehend vom kalten Zustand (20°C) erreichen muß, damit im akkumulierten Abgasvolumen für die einzelnen Schadstoffe eine 50-%ige (T 50) bzw. 90-%ige (T 90) Umsetzung erreicht wird.

Man erkennt, daß mit Hilfe des erfundungsgemäßen Hilfskatalysators die 50-%ige und die 90-%ige Umsetzung wesentlich früher erreicht werden als ohne den Hilfskatalysator.

## 2. Beispiel

Derselbe handelsübliche Katalysator wie im ersten Beispiel wurde auf einem Motorprüfstand einem Testlauf gemäß den gesetzlichen Prüfvorschriften (Fundstelle zitieren) überprüft, und zwar einmal ohne einen Hilfskatalysator und einmal mit einem Hilfskatalysator in Gestalt eines Netzes mit einem Durchmesser von 100 mm, mit einer Platinbeschichtung von 60 µg/cm<sup>2</sup> und mit einer freien Öffnung von 55%.

In beiden Fällen wurde überprüft, welcher Anteil der Schadstoffe im Abgas des gesamten Testlaufs umgesetzt worden sind. Das Ergebnis ist in der nachstehenden Tabelle II wiedergegeben. Man erkennt, daß durch den Hilfskatalysator die Umsetzung deutlich zunimmt.

Tabelle I

|                           | T 50 (°C)<br>Umsetzung<br>50% |                               |                 | T 90 (°C) |                               |                 |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------|-------------------------------|-----------------|
|                           | CO                            | H <sub>m</sub> C <sub>n</sub> | NO <sub>x</sub> | CO        | H <sub>m</sub> C <sub>n</sub> | NO <sub>x</sub> |
| Schadstoff                |                               |                               |                 |           |                               |                 |
| Hauptkatalysator allein   | 222                           | 262                           | 214             | 242       | 392                           | 226             |
| Hilfs- + Hauptkatalysator | 186                           | 222                           | 174             | 214       | 308                           | 204             |

Tabelle II

Umsetzung (%)

|                           | Schadstoff |                               |                 |
|---------------------------|------------|-------------------------------|-----------------|
|                           | CO         | H <sub>m</sub> C <sub>n</sub> | NO <sub>x</sub> |
| Hauptkatalysator allein   | 74         | 82                            | 62              |
| Hilfs- + Hauptkatalysator | 81         | 90                            | 70              |

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Verkürzen der Anspringverzögerung eines im Abgasstrom eines Verbrennungsmotors liegenden Katalysators, dadurch gekennzeichnet, daß an einer Stelle dicht vor, aber in einem Abstand vom Hauptkatalysator hauptsächlich Kohlenstoffdioxid (CO) katalytisch oxidiert und die dabei entstehende Verbrennungswärme durch den Abgasstrom in den Katalysator transportiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxidation des CO in einem verglichen mit der Länge des Hauptkatalysators sehr kurzen Abschnitt des Abgasstroms erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jener Abschnitt kürzer als 10 mm ist.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der mit der katalytischen Oxidation des CO vor dem Hauptkatalysator verknüpfte Druckverlust im Abgasstrom kleiner als 10%, vorzugsweise kleiner als 2% gehalten wird. 5

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an jener Stelle dicht vor dem Hauptkatalysator bereits wenigstens 50 – 60% des CO, aber noch nicht mehr als 30 – 40% der im Abgasstrom enthaltenen Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) und Kohlenwasserstoffe ( $\text{H}_m\text{C}_n$ ) umgesetzt werden. 10

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur katalytischen Umsetzung an jener Stelle vor dem Hauptkatalysator ausschließlich Platin als katalytisch wirksames Metall eingesetzt wird. 15

7. Vorrichtung zur katalytischen Umsetzung von Abgasen aus Verbrennungsmotoren mit einem Hauptkatalysator (1), der in einem Gehäuse (3) untergebracht ist, welches mit Einlaßöffnung (6) und Auslaßöffnung (8) in ein Auspuffrohr (4) eingefügt ist, dessen lichter Querschnitt kleiner ist als der des Gehäuses (3), und mit einem im Abgasstrom mit Abstand vor dem Hauptkatalysator (7) liegenden Hilfskatalysator (2), dessen Masse kleiner als die des Hauptkatalysators (1) ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Hilfskatalysator (2) unmittelbar vor oder im Gehäuse (3) des Hauptkatalysators (1) angeordnet und seine Masse sehr klein gegen die Masse des Hauptkatalysators (1) ist. 15

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Masse des Hilfskatalysators (2) höchstens 5% der Masse des Hauptkatalysators (1) beträgt. 20

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Masse des Hilfskatalysators (2) höchstens 75 g, vorzugsweise nicht mehr als 50 g beträgt. 20

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Hilfskatalysator (2) nur punktweise mit dem Hauptkatalysator (1) und/oder dessen Gehäuse (3) verbunden ist. 25

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand des Hilfskatalysators (2) vom Hauptkatalysator (1) zwischen 2 mm und 20 mm beträgt. 25

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die freie Öffnung des Hilfskatalysators (2) zwischen 50% und 95% beträgt. 30

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Hilfskatalysator (2) als Trägerkörper ein Netz, Sieb oder nach Art eines Streckmetalls ausgebildetes, durchbrochenes Blech aufweist, welches sich quer zum Abgasstrom erstreckt. 30

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Trägerkörper gewellt ist. 35

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Hilfskatalysator (2) scheibenförmig ist. 35

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Hilfskatalysator (2) konvexe Oberflächen dem Abgasstrom entgegengerichtet und die konkave Oberfläche dem Hauptkatalysator (1) zugewandt ist. 40

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Hilfskatalysator (2) die Gestalt eines Hohlkugelabschnitts oder eines Hohlkegels hat. 40

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Hilfskatalysator (2) in der Richtung, in welcher er vom Abgas durchströmt wird, über eine Länge von höchstens 10 mm, vorzugsweise über nicht mehr als 5 mm erstreckt. 45

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (3) des Hauptkatalysators (1) zwischen seiner Einlaßöffnung (6) und dem Hauptkatalysator (1) einen sich erweiternden Abschnitt (5) hat und daß sich der Hilfskatalysator (2) in diesem Gehäuseabschnitt (5) befindet. 45

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Hilfskatalysator (2) einen sich in Richtung des Abgasstroms entsprechend erweiternden Querschnitt hat. 45

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Hilfskatalysator (2) als katalytisch wirksames Metall ausschließlich Platin enthält. 45

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

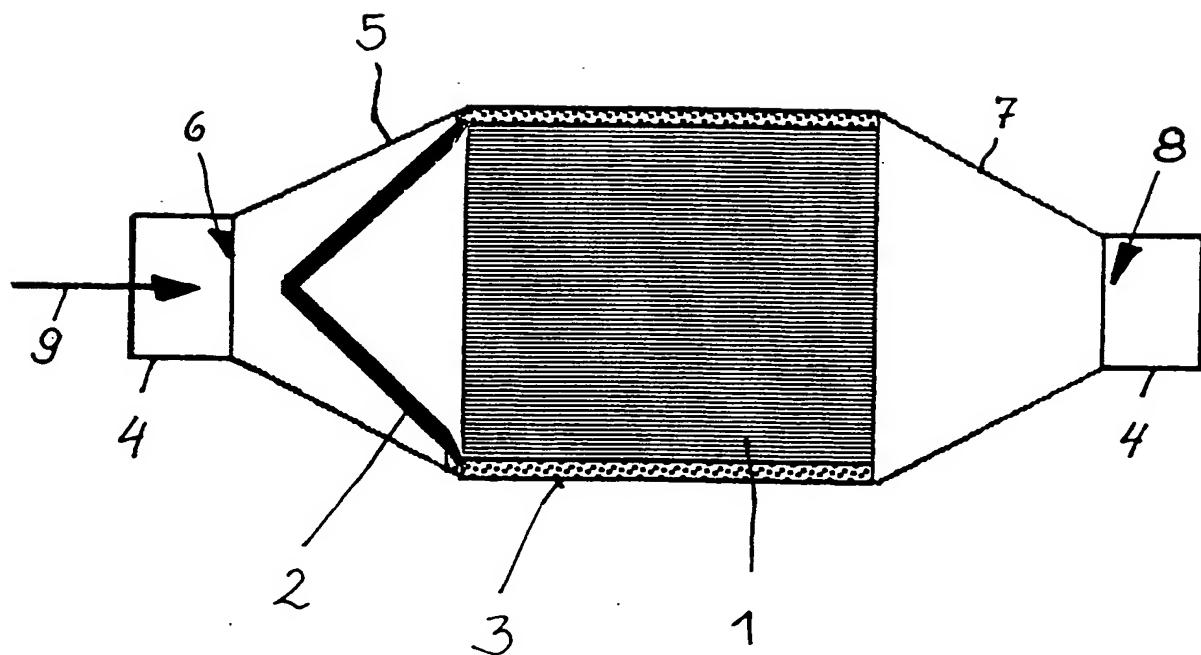
50

55

60

65

THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**